



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

Московский пр., д.24-26/29 лит. А, г. Санкт-Петербург, 190013,
телеграф: Санкт-Петербург, Л-13, Технолог,
факс: ректор (812) 710-6285, общий отдел (812) 712-7791,
телефон: (812) 710-1356,
E-mail: office@technolog.edu.ru

12.11.2024 № 2760-01-03

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГБОУ ВО «Санкт-
Петербургский
государственный
технологический институт
(технический университет)»,

д.р. тех. наук
А.И. Шевчик

11.11.2024 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет)»
на диссертационную работу **Чумакова Андрея Алексеевича**
на тему: **«Технология алюмосиликатных пропантов на основе бурового
шлама Восточно-Чумаковского нефтяного месторождения»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов

Актуальность темы диссертации обусловлена тем, что в настоящее время в нефтедобывающей отрасли заметна тенденция повышения дебита действующих скважин и разработке новых перспективных месторождений. Для достижения данной цели применяется метод горизонтального бурения с последующим гидравлическим разрывом пласта.

При данном бурении после образования трещин в пласт необходимо под высоким давлением закачивать расклинивающий агент. На сегодняшний день в качестве основного агента выступает пропант. Он представляет собой гранулы диаметром 0,5-1,2 мм, полученные путем высокотемпературного

обжига при 1300-1600 °С смеси каолинита и глинозема. Используемое для производства пропантов сырье является дорогостоящим, что приводит к повышению себестоимости и отпускной стоимости пропанта. В связи с этим необходимо проводить исследования, направленные на разработку ресурсо- и энергосберегающих технологий, направленных на поиски альтернативного дешевого сырья.

При горизонтальном бурении повышается дебит скважины, но образуется много отходов. Основной – буровой шлам, водная взвесь из глины, пород и металлической стружки. Очищенный шлам направляется в специальные бассейны рядом с месторождениями, которые после выработки вспахиваются.

Буровые шламы также загрязняют окружающую среду, так как они могут содержать вредные радионуклиды. В связи с этим их переработка и дальнейшее использование.

Таким образом, тема, представленная соискателем Чумаковым А.А., является актуальной, так как разрабатываемая технология будет способствовать улучшению экологической обстановке в стране путем снижения загрязнений окружающей среды буровыми шламами, а также снижения себестоимости и отпускной стоимости алюмосиликатных пропантов.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа включает введение, пять глав, список литературы и приложения. Диссертация изложена на 220 страницах машинописного текста, включающего 69 таблиц, 52 рисунка, список литературы из 240 источников, 6 приложений.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обеспечена анализом значительного объема известных в научной литературе сведений по исследуемой теме, выполнением комплексных экспериментальных исследований на высоком техническом уровне с использованием современного аттестованного и поверенного оборудования. Использование стандартных и оригинальных методик исследований позволяет с уверенностью заключить, что полученные данные имеют высокую

воспроизводимость и сходимость и не противоречат имеющимся в научной литературе сведениям в данной области.

Научная новизна

Установлены основные закономерности синтеза алюмосиликатных пропантов на основе отхода добычи нефти – бурового шлама (не менее 80 мас. %), заключающиеся в совместном влиянии упрочняющей и легкоплавкой добавок (технического глинозема и стеклобоя) на температурно-временные параметры синтеза, структуру и прочность синтезируемых материалов. Показано, что введение оксида алюминия (1-6 мас. %) и стеклобоя (10-30 мас. %) приводит к снижению температуры синтеза с 1300 до 1100 °С, образованию кристаллов первичного муллита $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ (12,0-15,0 мкм), формированию и росту кристаллов волластонита (13,0-15,0 мкм), появлению стеклофазы (до 31 %) и началу рекристаллизации вторичного муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ (15,0-18,0 мкм) и повышению прочности пропантов до 43,5 МПа.

Выявлено влияние легкоплавкой добавки фторида натрия на процессы структурообразования алюмосиликатных пропантов, заключающиеся в том, что при ее введении в состав смеси (1-4 мас. %) происходит повышение количества расплава (до 44 %), интенсификация рекристаллизации и рост из него игольчатых кристаллов вторичного муллита (25,0-75,0 мкм), создающих совместно с кристаллами волластонита (20,0-80,0 мкм) армированный алюмосиликатный каркас. Сформировавшаяся муллито-волластонитовая стеклокристаллическая структура материала с соотношением кристаллической и стекловидной фаз 56:44 и содержанием муллита 23,5 % способствует повышению прочности синтезируемого материала до 73,6 МПа.

Показано, что повышение количества добавки плавня NaF от 4,0 до 4,5 мас. % приводит при обжиге к повышению количества расплава, растворению в нем кристаллов волластонита, муллита, кварца и соответственному повышению содержания стеклофазы (до 51 %), при этом соотношение кристаллической и стекловидной фаз составляет 49:51, что приводит к формированию пор закрытого типа размером 20-70 мкм и вспениванию пропанта за счет невозможности улетучивания газов, образовавшихся в результате разложения органических, карбонатных и сульфатных примесей.

Научная и практическая ценность диссертации

Сформулированы теоретические представления о принципах разработки технологии алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама, модифицированного добавками стеклобоя, технического глинозема и фторида натрия, заключающиеся в разработке стадий подготовки сырья (очистка, дробление, помол) и стадий синтеза гранул алюмосиликатных пропантов (смешение компонентов, грануляция, обжиг при заданном температурно-временном интервале, рассев по фракциям).

Дополнены теоретические представления о процессах структуро- и фазообразования алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама, модифицированного добавками стеклобоя, технического глинозема и фторида натрия, заключающихся в образовании кристаллов первичного муллита и волластонита при введении в состав сырьевой смеси технического глинозема и постепенной рекристаллизации из расплава кристаллов вторичного муллита с последующим их ростом и образованием прочного алюмосиликатного каркаса совместно с кристаллами волластонита.

Разработан оптимальный состав для синтеза алюмосиликатных пропантов, впервые содержащий более 80 мас. % бурового шлама, мас. %: буровой шлам Восточно-Чумаковского нефтяного месторождения – 83, стеклобой марки БТ-1 – 17, технический глинозем марки ГК – 5 (сверх 100), порошок фторида натрия – 4 (сверх 100).

Разработана ресурсосберегающая технология алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама и стеклобоя марки БТ-1, модифицированные добавками технического глинозема и фторида натрия, включающая температурно-временные параметры обжига – 20 мин при 1100 °С и обеспечивающая получение пропантов с повышенными технико-эксплуатационными характеристиками: фракция – 12/18 (96,2 %), насыпная плотность – 1740 кг/м³, сопротивление при раздавливании – 20,2 %, растворимость в смеси соляной и фтористоводородной кислот – 2,6 %, растворимость в соляной кислоте – 0,4 %, округлость/сферичность – 0,8/0,9.

Показано положительное влияние барита (BaSO₄) на повышение в 2,5 раза химической стойкости синтезируемых пропантов к соляной кислоте, добавляемой в качестве ингибирующей добавки к буровым растворам (растворимость 0,4 % в сравнении с требованием по ГОСТ Р 51761-2013 «Пропанты алюмосиликатные. Технические условия» – 1,0 %).

Совместно с ООО НПП «Ростовская буровая компания» (г. Аксай, Ростовская область, Россия) разработан и утвержден технологический регламент на ресурсосберегающую технологию синтеза алюмосиликатных

пропантов. Технология основана на использовании бурового шлама и модифицирующих добавок и включает следующие стадии: сушка при 105 °С (буровой шлам и стеклобой); дробление до размера частиц 25–30 мм (буровой шлам) и 10–15 мм (стеклобой); тонкий помол до размера частиц 0,25 мм (буровой шлам и стеклобой); отвешивание компонентов в заданных пропорциях; смешение компонентов (буровой шлам, стеклобой, технический глинозём, фторид натрия); грануляция; рассев полученных гранул по фракциям; обсыпка гранул пропантов тонкодисперсным каолином; обжиг во вращающейся печи при температуре 1100 °С в течение 20 минут; итоговый рассев по фракциям.

Апробация результатов работы

Апробация технологии алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама Восточно-Чумаковского нефтяного месторождения осуществлялась в ООО НПП «Ростовская буровая компания» (Ростовская область, г. Аксай). Для внедрения результатов диссертационных исследований был разработан технологический регламент. В ходе исследований лабораторной партии алюмосиликатных пропантов совместно с компанией получен акт об использовании алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама Восточно-Чумаковского нефтяного месторождения, модифицированного добавками стеклобоя, технического глинозема и фторида натрия, на Леоновском газоконденсатном месторождении (Ростовская область, Тарасовский район).

Основные положения диссертационной работы были представлены на Международных научно-практических конференциях: «Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении 2020» (ICMTMTE 2020) (г. Севастополь, 2020), International Conference on Intelligent Manufacturing and Materials 2021 (IMM 2021) (г. Ялта, 2021), «Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении 2021» (ICMTMTE 2021) (г. Севастополь, 2021), «Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении 2022» (ICMTMTE 2022) (г. Севастополь, 2022), XVIII Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2022), «Пром-Инжиниринг 2022» (International Conference on Industrial Engineering 2022) (г. Сочи, 2022), «Строительство, архитектура и техносферная безопасность» (The International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety) (г. Сочи,

2022), III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России» (г. Новокузнецк, 2022), XIX Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2023).

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы Чумакова А.А. представляют интерес для использования разработанной технологии алюмосиликатных пропантов как на нефтегазовых месторождениях, так и на действующих предприятиях.

В России добыча нефти производится горизонтальным бурением с применением гидравлического пласта. Бурение на глубину до 3000 м осуществляется вертикально, затем снаряд направляется параллельно горизонту и бурится нефтеносный пласт с последующим гидроразрывом. При выполнении горизонтального бурения под высоким давлением подаётся жидкость для гидроразрыва. При таком методе добычи образуется значительное количество техногенных отходов – буровых шламов (примерно 0,4 м³ на каждый метр пробуренной скважины). Их хранят в специально подготовленных шламбассейнах, которые занимают большие площади.

Использование бурового шлама для синтеза алюмосиликатных пропантов решает несколько проблем: переработка бурового шлама уменьшает загрязнение окружающей среды; сохраняются природные материалы, используемые в производстве пропантов; снижается стоимость пропантов за счёт использования техногенных отходов в качестве сырья. Эта технология актуальна для нефтедобывающей отрасли и производства керамических материалов.

Работа полностью вписывается в реализацию национального проекта РФ «Экология», так как затрагивает экологические и экономические аспекты.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы

1. В качестве основного сырья соискатель использует техногенный отход бурения – буровой шлам. Расскажите его образование при бурении и как изменяются его технологические характеристики.

2. На стр. 15 автореферата в таблице 7 приводится сравнение характеристик и стоимости производственных и разработанных пропантов. Расскажите подробнее каким образом Вы добились снижения стоимости пропантов приблизительно в 5 раз по сравнению с пропантами, произведенными российскими компаниями.

3. Соискатель проводил несколько серий экспериментов для выявления оптимального соотношения сырья. Объясните свой выбор именно таких добавок-плавней (гидроксид натрия, стеклобой и фторид натрия).

4. В работе указано, что алюмосиликатные пропанты применяются при добыче нефти при горизонтальном бурении с гидравлическим разрывом пласта. Поясните суть данного способа добычи и процесс закачки пропантов в скважину.

5. В ходе написания соискателем был получен акт апробации разработанных пропантов на основе бурового шлама. Каким образом Вы планируете повышать нефтеотдачу на выбранном Вами газоконденсатном месторождении?

Заключение

Диссертация **Чумакова Андрея Алексеевича** на тему: **«Технология алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама Восточно-Чумаковского нефтяного месторождения»** представляет собой самостоятельно выполненную, законченную научно-квалификационную работу, в которой **содержится решение научной задачи**, заключающееся в создании ресурсо- и энергосберегающей технологии алюмосиликатных пропантов на основе бурового шлама Восточно-Чумаковского нефтяного месторождения, **имеющей значение для развития** нефтегазовой отрасли и химической технологии керамических материалов. Текст диссертации написан грамотным техническим языком, материал изложен в логической последовательности.

По актуальности затронутых вопросов, научной новизне и практической значимости, числу публикаций диссертация соответствует критериям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842 (в действующей редакции)), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, **Чумаков Андрей Алексеевич**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по

